

Carmem Sara Pinheiro de Oliveira

**TEMPERATURA E TAMANHO CORPORAL NO CONSUMO DE
OXIGÊNIO DISSOLVIDO DE *Litopenaeus vannamei*
ALIMENTADOS E EM JEJUM**

Dissertação submetida ao Programa de Pós-graduação em Aquicultura da Universidade Federal de Santa Catarina para a obtenção do Título de Mestre em Aquicultura.

Orientador: Dr. Luis Alejandro Vinatea Arana

Florianópolis,
2017

Ficha de identificação da obra elaborada pelo autor,
através do Programa de Geração Automática da Biblioteca Universitária da UFSC.

Oliveira, Carmem Sara Pinheiro De

Temperatura e tamanho corporal no consumo de
oxigênio dissolvido de *Litopenaeus vannamei*
alimentados e em jejum / Carmem Sara Pinheiro De
Oliveira ; orientador, Luiz Alejandro Vinatea
Arana, 2017.

56 p.

Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de
Santa Catarina, Centro de Ciências Agrárias,
Programa de Pós-Graduação em Aquicultura,
Florianópolis, 2017.

Inclui referências.

1. Aquicultura. 2. camarão branco do Pacífico. 3.
consumo de oxigênio. 4. respirometria. I. Vinatea
Arana, Luiz Alejandro . II. Universidade Federal
de Santa Catarina. Programa de Pós-Graduação em
Aquicultura. III. Título.

**Temperatura e tamanho corporal no consumo de oxigênio
dissolvido de *Litopenaeus vannamei* alimentados e em jejum**

Por

CARMEM SARA PINHEIRO DE OLIVEIRA

Esta dissertação foi julgada adequada para a obtenção do título de


MESTRE EM AQUICULTURA

e aprovada em sua forma final pelo Programa de
Pós-Graduação em Aquicultura.

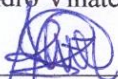


Prof. Alex Pires de Oliveira Nuñez, Dr.
Coordenador do Programa

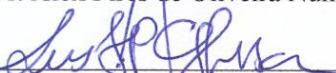
Banca Examinadora:



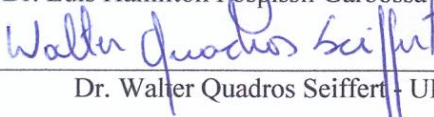
Dr. Luiz Alejandro Vinatea Arana – *Orientador*



Dr. Alex Pires de Oliveira Nuñez - UFSC



Dr. Luis Hamilton Pospissil Garbosa - EPAGRI



Dr. Walter Quadros Seiffert - UFSC

Este trabalho é dedicado aos meus
amados pais, irmã e tia.

AGRADECIMENTOS

Agradeço, primeiramente, a Deus por ter me dado oportunidades maravilhosas de crescimento profissional e pessoal, além da força necessária para cumprir mais esta etapa da minha vida.

Aos meus pais, Humberto Sales de Oliveira e Dione Maria Pinheiro Oliveira, a minha irmã Maria Gabriella Pinheiro de Oliveira e a minha tia Maria Zélia Pinheiro, que sempre se fizeram presentes me apoiando em minhas decisões, me dando todo amor incondicional e carinho necessário para que eu pudesse continuar, além de toda excelente formação educacional.

A minha maior companheira e grande amiga, Natália Isaura Fernandes, por todos os choros e sorrisos compartilhados, por toda paciência e carinho que sempre me foi dada em diversos momentos.

Ao meu querido amigo, Allison Ferreira de Lima, que às vezes acredita mais em mim do que eu mesma. Mesmo com toda a distância física que nos foi imposta, continuamos seguindo lado a lado.

A minha amiga parceira, Mirelli Karla da Silva Sousa Bruno, que entrou ao meu lado no mestrado e o transformou em algo mais ‘leve’, onde momentos de drama viraram comédia, além da famosa frase: “cara, você consegue”.

À Bárbara Parolim Alvarenga, Ewerton Calixto da Silva e Thallis Felipe Boa Ventura, pela parceria linda, leve e muito agradável de sempre, em meio a sorrisos, abraços e muita comida boa.

Aos familiares, amigos, colegas de mestrado e laboratório, que sempre torceram por mim.

Aos meus orientadores de graduação, Hélderes Peregrino Alves da Silva (Iniciação Científica), Marlécio Maknamara (Monitoria), Manoel Lucas Filho (Estágio), os quais me forneceram inicialmente condições para a formação de uma visão crítica para que nos demais degraus que eu viesse a subir em minha carreira, não tropeçasse na obscuridade da ignorância.

Ao meu orientador no mestrado, Luis Alejandro Vinatea Arana, pelo incentivo e presteza que levaram ao bom desenvolvimento das atividades, bem como sua tranquilidade e todo o seu conhecimento admirável partilhado.

Ao Mestre Paulo Roberto Jardim Manso, que me ajudou a elucidar diversas questões, me recebendo sempre de braços abertos para longas conversas.

Ao aluno de graduação em engenharia civil, Alec Goulart Monteiro pela grande ajuda na regulação do sistema.

A Universidade Federal de Santa Catarina, por me propiciar uma excelente estrutura e ensino de qualidade.

Ao Programa de Pós-graduação em Aquicultura, ao seu corpo docente, direção e administração que oportunizaram meios para o meu avanço acadêmico.

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), pela concessão da bolsa de estudos e apoio financeiro ao projeto.

Aos laboratórios, Laboratório de Camarões Marinhos (LCM), Laboratório de Cultivo de Algas (LCA), Núcleo de Estudos do Mar (NEMAR), pelo empréstimo de materiais e local para realização do experimento, assim como as pessoas que se fazem presentes nos mesmos e contribuíram de alguma forma.

A essa cidade linda (Florianópolis), que me possibilitou diversos saberes e aprendizados no âmbito pessoal e profissional, e experiências que me levaram a evoluir como ser humano.

A todos que direta ou indiretamente fizeram parte da minha formação, muito obrigada!

A mente que se abre a uma nova ideia, jamais
voltará ao seu tamanho original.
(Albert Einstein)

RESUMO

O *Litopenaeus vannamei*, popularmente conhecido como camarão branco, é uma das espécies nativas do leste do oceano Pacífico, onde frequentemente é pescado e criado para fins comerciais, apresentando grande importância para a carcinicultura mundial. O oxigênio dissolvido é considerado um fator extremamente limitante em cultivos semi-intensivo e intensivo, podendo afetar de forma significativa o crescimento dos camarões peneídeos. Este trabalho tem por objetivo avaliar a influência da temperatura sobre a taxa de consumo de oxigênio em *Litopenaeus vannamei*, com diferentes pesos corporais em condições de cultivo propriamente ditas, e não em jejum, conforme as pesquisas clássicas de fisiologia sobre consumo de oxigênio. O experimento foi conduzido no Laboratório de Camarões Marinhos (LCM). Foram utilizados respirômetros em sistema semi-aberto para a realização de medições do consumo individual de oxigênio em *L. vannamei* de 5, 10 e 15g a combinações de 20, 25 e 30°C, alimentados e não alimentados. Os resultados obtidos sugerem que quanto maior for a temperatura, maior é a taxa de variação do consumo de oxigênio por unidade de peso ($P < 0,05$). Com relação ao fator alimento, foi encontrado que a taxa de variação do consumo de oxigênio por unidade de peso em animais não alimentados foi similar ($P > 0,05$) quando comparada com a taxa de variação do consumo de oxigênio por unidade de peso de animais alimentados.

Palavras-chave: Aquicultura, camarão branco do Pacífico, consumo de oxigênio, respirometria.

ABSTRACT

Litopenaeus vannamei, popularly known as white shrimp, is one of the native species of the eastern Pacific Ocean, where it is often caught and raised for commercial purposes and of great importance for shrimp farming worldwide. Dissolved oxygen is an extremely limiting factor in semi-intensive and intensive cultures, and may significantly affect the growth of the penaeid prawns. The objective of this work was to evaluate the influence of temperature on the rate of oxygen consumption in *Litopenaeus vannamei*, with different body weights under culture conditions, rather than fasting, according to the classical studies of physiology on oxygen consumption. The experiment was conducted at the Laboratório de Camarões Marinhos (LCM). Respirators were used in a semi-open system for measurements of individual oxygen consumption in 5, 10 and 15g of *L. vannamei* at 20, 25 and 30°C, fed and non-fed. The results suggest that the higher temperature result in a greater rate of variation of oxygen consumption per unit weight ($P < 0.05$). Regarding the food factor, it was found that the rate of variation of oxygen consumption per unit of weight in non-fed animals was similar ($P > 0.05$) when compared to the rate of variation of oxygen consumption per unit weight of fed animals.

Keywords: Aquaculture, oxygen consumption, pacific white shrimp, respirometry.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Desenho ilustrativo do respirômetro	29
Figura 2: Ilustração esquemática do sistema de respirometria fechado, no qual as setas indicam o fluxo da água	31
Figura 3 (a, b e c): Regressões obtidas para o consumo de oxigênio por animal em cada combinação de temperatura e alimentação	35

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Média de consumo de oxigênio dissolvido por animal nos diferentes tempos de permanência nos respirômetros	33
Tabela 2: Variáveis de qualidade da água no tanque de estocagem de <i>L. vannamei</i>	34
Tabela 3: ANOVA fatorial para resposta de consumo de oxigênio nos diferentes fatores	37
Tabela 4: Teste de Tukey para o consumo de oxigênio nos diferentes tratamentos	38

SUMÁRIO

INTRODUÇÃO GERAL	21
OBJETIVOS	24
Objetivo Geral	24
Objetivos específicos	24
ARTIGO CIENTÍFICO	25
RESUMO	25
1. Introdução	26
2. Material e métodos	27
<i>2.1 Local de estudo</i>	27
<i>2.2 Material biológico</i>	27
<i>2.3 Parâmetros de qualidade de água</i>	28
<i>2.4 Alimentação</i>	28
<i>2.5 Sistema de respirometria</i>	28
<i>2.6 Avaliação da taxa de consumo de oxigênio</i>	31
<i>2.7 Análises estatísticas</i>	32
3. Resultados e discussão	32
<i>Perda de oxigênio nos respirômetros em ausência de animais (Controle)</i>	32
<i>Pré-teste dos respirômetros em presença de animais</i>	32
<i>Qualidade de água</i>	33
<i>Efeito da temperatura, peso e alimentação sobre a taxa de consumo de oxigênio</i>	35
4. Conclusão	38
5. Agradecimentos	39
6. Referências bibliográficas	39
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS DA INTRODUÇÃO GERAL	43
ANEXOS	49

INTRODUÇÃO GERAL

A aquicultura é definida como o cultivo de organismos aquáticos. Estes cultivos podem ser realizados em áreas costeiras, interiores e de mar aberto, envolvendo a intervenção do homem no processo de criação para aumentar a produção desses organismos (FAO, 2003). No Brasil, a produção aquícola apresenta um acelerado crescimento. A região Nordeste foi a maior produtora em 2013, com 140.748 toneladas, seguida pela região Sul, com 107.448 toneladas. Em terceiro lugar veio a região Centro-Oeste, com 105.010 toneladas; em quarto a região Norte, com 73.009 toneladas. Em quinto e último lugar aparece a região Sudeste com 50.297 toneladas (MPA/IBGE, 2013).

Um dos principais setores da aquicultura brasileira é a carcinicultura marinha, a qual tem uma importância econômica bastante significativa. Tendo em vista essa realidade, os carcinicultores brasileiros procuram buscar alternativas que reduzam custos, além de estarem cada vez mais de acordo com as demandas de uma aquicultura ambientalmente correta, cuja demanda interna gradativa por camarões cultivados, bem como uma melhoria nos preços, levará a um crescimento mais acelerado do setor (ABCC, 2016). De acordo com Boyd e Tucker (1998), a manutenção adequada da qualidade da água promove o sucesso no cultivo de organismos aquáticos, viabilizando um ambiente propício de crescimento.

As excelentes características de desempenho do camarão *Litopenaeus vannamei*, juntamente com a sua tolerância frente a uma vasta gama de mudanças de fatores bióticos e abióticos, tornaram esta espécie atrativa para o cultivo desde a década de 1970 (McGRAW et al., 2002). O ciclo de vida natural do camarão branco do Pacífico envolve fases marinhas e estuarinas (WALKER et al., 2009) e, por esse motivo, a espécie possui a capacidade de tolerar uma ampla variação de salinidade (0,5-40 ‰) tornando-se consequentemente uma das espécies mais populares de cultivo no mundo (McGRAW et al., 2002, SAMOCHA et al., 1998, 2002; ROY et al., 2007).

Perante o aumento da demanda do mercado, os sistemas de cultivo precisam ser otimizados para se tornarem mais eficientes e, assim, poder atender essa demanda. A eficiência dos cultivos pode vir por meio de melhorias na aeração, no qual Vinatea (2004) afirma ser capaz de aumentar os valores de oxigênio dissolvido (OD) na água de qualquer sistema aquícola e com isso aumentar a produtividade.

Os dados sobre as taxas metabólicas e respiratórias são importantes no cálculo da aeração e na construção de modelos bioenergéticos, onde

alterações no metabolismo respiratório podem ser indicadores sensíveis das condições ambientais alteradas ou estados fisiológicos e, portanto, podem revelar muito sobre a atividade, aclimação e nível de estresse de um organismo aquático (CECH, 2011).

Entre os processos fisiológicos que são alteradas no camarão por influência da temperatura e da salinidade, podemos citar o consumo de oxigênio e maioria de atividades biológicas tais como crescimento, conversão alimentar, resistência à doenças, etc. (ARZOLA-GONZALEZ et al., 2008; BETT e VINATEA, 2009; MIRANDA et al., 2010; RAMOS-DÍAZ e ANDREATTA, 2011; PIÑA-VALDEZ et al., 2015).

O OD é essencial para os vários processos metabólicos, o qual participa de distintas atividades oxidativas, liberando a energia necessária para a realização de trabalho (PROSSER e BROWN, 1968). Nos camarões, por serem animais pecilotérmicos, a temperatura de seus corpos acaba afetando diretamente a taxa metabólica, a qual varia diretamente com esta mudança. Já as mudanças da salinidade implicam em alterações na taxa metabólica como resultado de uma série de alterações osmorreguladoras (VILLARREAL et al., 1994; ROSAS et al., 2001; PILLAI e DIWAN, 2002; SETIARTO et al., 2004; RE et al., 2004), podendo ainda existir uma interação entre essas duas variáveis, com uma atuando como um fator de modulação sobre o efeito da outra (VERNBERG, 1983). Além disso, o consumo de oxigênio também pode ser afetados por outras variáveis tais como alimentação, grau de atividade, peso corporal, etc., (MANTEL e FARMER, 1983; BRETT, 1987).

Segundo Vinatea et al. (2011), as baixas concentrações de oxigênio dissolvido acabam ocasionando uma redução no crescimento e uma maior susceptibilidade às doenças. Rosas et al. (1996) afirmam que o consumo de oxigênio por meio de diferentes condições de temperatura é um indicativo da energia consumida, no qual, segundo Spanopoulos-Hernández et al. (2005), ter acesso a essas informações seriam úteis para poder estimar as concentrações de oxigênio dissolvido em função da densidade de organismos.

Para se medir tais necessidades, a técnica da respirometria é bastante utilizada em aquicultura. Sistemas de respirometria para organismos aquáticos costumam ser projetados de acordo com cada espécie, tamanho corporal e metabolismo (STILLER et al., 2013). Respiômetros de diferentes tamanhos e modelos têm sido fundamentais no estudo da troca gasosa em organismos aquáticos. Existem três métodos para se medir a troca gasosa da respiração, sendo eles: respirometria fechada, no qual o gás é medido por meio do seu curso em esgotamento através de câmaras fechadas (HUMBOLDT e PROVENCAL, 1809);

respirometria aberta, onde se mede a diferença no conteúdo de gás na entrada e na saída de água (EGE e KROGH, 1914); e o método volumétrico, por meio da injeção do volume de oxigênio (SCHOLANDER et al., 1943). Para Martinez-Palacios et al. (1996a), sistemas de cultivo orientados à medição do consumo de OD ajudariam na redução do estresse e na maximização do crescimento.

Estudos acerca da combinação dos efeitos da temperatura e salinidade sobre o consumo de oxigênio dissolvido usando respirômetros em camarões peneídeos tem sido feitos em diversas espécies: *Farfantepenaeus californiensis* (VILLARREAL et al., 1994), *Farfantepenaeus aztecus* (HERNÁNDEZ-RODRÍGUEZ e DÍAZ-HERRERA, 1995), *Litopenaeus stylirostris* (DÍAZ-HERRERA et al., 2004; SPANOPOULUS-HERNÁNDEZ et al., 2005; RE-ARAUJO et al., 2006) e *L. vannamei* (MARTINEZ-PALACIOS, et al., 1996a; LI et al., 2007; BETT e VINATEA, 2009; VALENZUELA-QUIÑONEZ et al., 2011).

Este estudo avaliou o consumo de oxigênio em *L. vannamei* sob diferentes situações de temperatura, peso e, principalmente, em presença e ausência de alimento, a fim de contribuir mais eficazmente com a tecnologia de aeração.

OBJETIVOS

Objetivo Geral

Avaliar o consumo de oxigênio de *Litopenaeus vannamei* alimentados e em jejum, em diferentes condições ambientais e de cultivo.

Objetivo Específico

- Analisar o efeito combinado das variáveis tamanho (pequeno: 5g; médio: 10g; grande: 15g) temperatura (20, 25 e 30°C) e regime alimentar (alimentados e em jejum) sobre a taxa de consumo de oxigênio de *Litopenaeus vannamei*.

O manuscrito resultante desta dissertação será submetido ao periódico Aquaculture Engineering, no qual já se encontra nas normas da revista.

ARTIGO CIENTÍFICO

TEMPERATURA E TAMANHO CORPORAL NO CONSUMO DE OXIGÊNIO DISSOLVIDO DE *Litopenaeus vannamei* ALIMENTADOS E EM JEJUM

Carmem Sara Pinheiro de Oliveira^{ab*}, Paulo Roberto Jardim Manso^{ac}, Luis Alejandro Vinatea Arana^{ab}

^aUniversidade Federal de Santa Catarina, Campus Universitário, 88040-900, Trindade, Florianópolis, Santa Catarina, Brasil.

^bLaboratório de Camarões Marinhos (LCM).

^cNúcleo de Estudos do Mar (NEMAR).

*Autor para correspondência: carmem.sara@posgrad.ufsc.br

RESUMO

O *Litopenaeus vannamei*, popularmente conhecido como camarão branco, é uma das espécies nativas do leste do oceano Pacífico, onde frequentemente é pescado e criado para fins comerciais, apresentando grande importância para a carcinicultura mundial. O oxigênio dissolvido é considerado o principal fator limitante em cultivos semi-intensivo e intensivo, podendo afetar de forma significativa o crescimento. Este trabalho tem por objetivo avaliar a influência da temperatura sobre a taxa de consumo de oxigênio em *Litopenaeus vannamei* com diferentes pesos corporais em condições de cultivo propriamente ditas (recebendo alimento) e em jejum, usando as técnicas clássicas de fisiologia acerca do consumo de oxigênio. Foram utilizados respirômetros em sistema semi-aberto para a realização de medições do consumo individual de oxigênio de 5, 10 e 15 g e em temperaturas de 20, 25 e 30°C, alimentados e em jejum. Os resultados obtidos sugerem que quanto maior for a temperatura, maior é a taxa de variação do consumo de oxigênio por unidade de peso ($P < 0,05$). Com relação ao fator alimento, foi encontrado que a taxa de variação do consumo de oxigênio por unidade de peso em animais não alimentados foi similar ($P > 0,05$) quando comparada com a taxa de variação do consumo de oxigênio por unidade de peso de animais alimentados.

1. Introdução

A aquicultura vem se destacando como importante fonte de alimento, renda e meio de subsistência para milhões de pessoas em todas as partes do mundo. A oferta mundial per capita de pescado vem atingindo recordes nos ultimos anos, graças ao vigor do crescimento da aquicultura (ABCC, 2016). Segundo dados da FAO (2016), a produção aquícola mundial em 2014 foi de 73,8 milhões de toneladas. Diante da produção de 2014, os cálculos mais recentes apontam 6.9 milhões de toneladas relativas aos crustáceos, representados principalmente por camarões marinhos.

O Brasil vem acompanhando de perto esse crescimento e um dos principais fatores que o colocou em uma posição de destaque mundial foi a introdução da espécie exótica *Litopenaeus vannamei* em meados da década de 1980 na região Nordeste, obtendo rápido e significativo crescimento. Diante desse sucesso, a espécie foi posteriormente inserida no Sul, ganhando o mesmo destaque (Ostrensky et al., 2000).

O *Litopenaeus vannamei*, popularmente conhecido como camarão branco, é uma das espécies nativas do leste do oceano Pacífico, onde frequentemente é pescado e criado para fins comerciais. Possuindo uma ampla distribuição geográfica que vai desde a província de Sonora, México, até o sul de Tumbes no Peru (AQUACOP, 1984). Aliado às características de ótimo desempenho dos animais, juntamente com a sua tolerância à uma série de fatores abióticos, esta espécie tornou-se atraente para a cultura em vários países do mundo (McGraw et al., 2002).

Entretanto, apesar de serem animais bastante rústicos, o *L. vannamei* possui respostas específicas frente a diversos fatores, as quais devem ser considerados visando uma melhor otimização da produção nos sistemas de criação (Fallu, 1991; La Touche et al., 1993; Mai et al., 1994). A resposta frente à temperatura, assim como outros parâmetros ambientais varia de espécie para espécie. A combinação da temperatura e salinidade, por exemplo, afeta diretamente o crescimento e a sobrevivência do *L. vannamei* (Staples e Heales, 1991; O'Brien, 1994).

Já o oxigênio dissolvido é considerado um fator extremamente limitante em cultivos semi-intensivo e intensivo, o qual participa de processos biológicos importantes (Boyd, 1990; Vinatea, 1997). Segundo Fast e Boyd (1992), a aeração faz-se necessária durante o período noturno, quando as algas não produzem oxigênio, ou durante os dias com menor incidência de radiação solar. Nunes (2002) afirma que as exigências de aeração mecânica têm sido estimadas empiricamente, com base na experiência e resultados obtidos em nível comercial. Diante disto, torna-

se fundamental a determinação precisa do consumo de oxigênio por parte dos animais em diferentes situações de cultivo, sendo vital a utilização de uma ferramenta adequada para essas medições, como é o caso da respirometria.

A respirometria é utilizada na aquicultura para vários fins. Esses sistemas costumam ser projetados de acordo com a espécie, tamanho corporal e produção de metabólitos (Stiller et al., 2013). O conhecimento da taxa de respiração do camarão *Litopenaeus vannamei* em diferentes condições ambientais torna-se uma questão essencial para o aprimoramento dos cálculos de quantificação das necessidades de aeração mecânica dos cultivos (Bett, 2007).

Devido à importância dos camarões marinhos em aquicultura, vários estudos têm sido realizados para determinar os efeitos da variação de oxigênio dissolvido a curto prazo nos animais adaptados às condições experimentais, visando um melhor entendimento de suas taxas respiratórias. Todavia, nenhum desses estudos analisou a relação do tamanho corporal com diferentes temperaturas em animais alimentados para a medição do consumo de oxigênio dissolvido.

Visando tais aspectos, este trabalho teve por principal objetivo avaliar a influência da temperatura sobre a taxa de consumo de oxigênio em *Litopenaeus vannamei*, com diferentes pesos corporais, alimentados e em jejum.

2. Material e métodos

2.1 Local de estudo

O experimento foi executado no Laboratório de Camarões Marinhos (LCM), Departamento de Aquicultura da Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC), localizado na Barra da Lagoa, Florianópolis, Santa Catarina, Brasil.

2.2 Material biológico

No total, foram utilizados 270 camarões da espécie *Litopenaeus vannamei*. Inicialmente, as pós-larvas foram provenientes de uma linhagem adquirida do laboratório comercial Aquatec Ltda., localizado no município de Canguaretama, no estado do Rio Grande do Norte. Esses animais foram cultivados no LCM em tanques de 50 m³ em sistema intensivo com bioflocos microbianos.

Antes do experimento, os animais foram escolhidos de maneira aleatória (de 1 e 15 g), e mantidos em água clara em um tanque de 10.000 L em uma sala fechada com temperatura de aproximada de 30°C.

O experimento de respirometria teve uma duração de 30 dias.

Para a montagem dos tratamentos, os animais foram selecionados de acordo com o seu peso e divididos em três grupos: Pequeno (3,32 g \pm 0,59), Médio (7,44 g \pm 1,05) e Grande (10,72 g \pm 0,60).

2.3 Parâmetros de qualidade de água

No tanque de 10.000 L, o oxigênio dissolvido e a temperatura foram medidos duas vezes ao dia, sendo a primeira as 08:00h e a segunda as 17:00h por meio do oxímetro YSI Modelo ProDO. Diariamente, a salinidade (salinômetro manual, RHS – 10ATC) foi avaliada. A cada três dias, a amônia total foi determinada pelo método Indofenol com TRIONE, pH (pH-metro YSI Modelo pH100), o nitrito pelo método da Diazotação (Strickland e Parsons, 1972), o nitrato e alcalinidade através do método titulométrico (Apha, 2005) e a turbidez por meio de um turbidímetro digital.

Todos os dias, 70% do volume do tanque de 10.000 litros foi trocado; já dos aquários, respirometros e reservatório, a troca foi de 100% ao dia.

2.4 Alimentação

Nos tanques de 10.000 L bem como nos aquários de 60L, foi ofertada ração 40% de proteína bruta (Gauabi Potimirim QS 40 J, Sales Oliveira, SP), quatro vezes ao dia, sendo duas no período da manhã e duas na tarde (08:00, 11:00, 14:00 e 17:00). Foi ofertado o equivalente a 5% da biomassa total da população do tanque para animais P, 4% para M e 3% para G.

Para as leituras que possuíam animais alimentados, foi ofertada ração pela entrada lateral, no mesmo momento em que o animal era inserido.

2.5 Sistema de respirometria

Os respirômetros usados apresentaram tamanhos distintos (70, 250 e 490 mL), sendo utilizados de acordo com o tamanho dos animais. Cada respirômetro foi confeccionado em vidro transparente.

Uma série de seis respirômetros idênticos para cada tamanho, totalizando 18 unidades, foram desenhados com uma abertura lateral para o encaixe de uma rolha de borracha encarregada de selar as câmaras. As câmaras possuíam formatos idênticos, porém, tamanhos distintos, visando a melhor acomodação dos animais de acordo com o seu tamanho. As dimensões de cada câmara foram:

- Pequeno (P): 8,0 cm de comprimento, 3,6 cm de largura, 3,6 cm de altura e 1,4 cm de diâmetro interno;
- Médio (M): 10,0 cm de comprimento, 6,0 cm de largura, 6,0 cm de altura, 2,2 cm de diâmetro interno;
- Grande (G): 14,5 cm de comprimento, 7,0 cm de largura, 37,0 cm de altura, 2,2 cm de diâmetro interno.

Cada respirômetro possuía tubos de entrada e de saída, onde o fluxo de água constante foi mantido durante a adaptação, proporcional ao volume do respirômetro (Figura 1). As rolhas de borracha eram de número 12 (P), 13 (M) e 14 (G), de acordo com cada tamanho. As vazões não apresentaram alterações durante todo o experimento, a qual ficou estável em cerca de 50 mL por minuto.

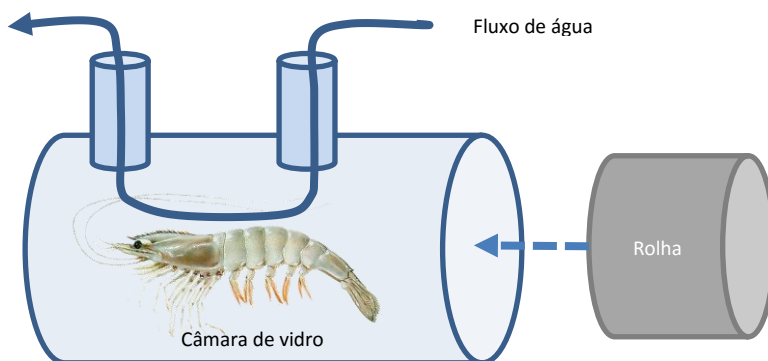


Figura 1: Desenho esquemático do respirômetro.

Todos os respirômetros foram numerados, calibrados volumetricamente e acomodaram um único indivíduo por leitura ($n = 15$).

O sistema utilizado foi do tipo semi-aberto. Durante o período de adaptação do animal (cerca de 2 horas), houve recirculação de água em sistema fechado, entre o respirômetro e o reservatório de água que estava na temperatura e salinidade adequadas para os testes. A capacidade do reservatório era de 40 L, onde possuiu aeração constante, deixando a água a 100% de saturação de OD.

A recirculação foi interrompida, mantendo o respirômetro sem circulação de água, durante o período de determinação da taxa de respiração, que foi pelo tempo de 15 minutos ou pela concentração do oxigênio a 70%, no qual ao chegar em um desses valores as medições eram cessadas. Durante o período de leituras dos valores de oxigênio dissolvido, por não haver a entrada de água corrente, caracterizamos o tipo de leitura por esgotamento.

Os respirômetros ficaram semi-submersos na água em uma caixa na temperatura do teste, visando garantir a manutenção dos mesmos durante as leituras. Essa água serviu apenas para ajudar a manter a temperatura, ela não passou por dentro dos respirômetros. Foi colocado entre cada unidade um anteparo de coloração negra, proporcionando um ambiente de menor estresse ao animal.

A água utilizada para os testes ficou em um reservatório abaixo da caixa que continha os respirômetros, no qual havia um sistema de bombeamento que fez com que a água pudesse recircular dentro de cada unidade e retornar ao reservatório, mantendo assim as características químicas e físicas ideais.

Posterior ao período de adaptação, a saída do respirômetro foi conectada a um sistema por uma bomba, ajustada para a mesma vazão encontrada na entrada do mesmo. A água de saída passou por uma peça conectada a um medidor de oxigênio previamente calibrado para a salinidade do teste, onde a leitura era efetuada. Após passar pela peça, a água retornou para o respirômetro através de uma conexão da saída do sistema com a bomba com a entrada adaptada.

Após o 1º minuto da ligação da bomba, foram iniciadas as leituras, prevendo a estabilização dos valores iniciais, no qual seguiram em intervalos de 1/2 minuto até o 3º minuto. Posteriormente a este tempo, as leituras ocorreram de 1 em 1 minuto até o final das leituras. O tempo de leitura foi equivalente ao tempo em que o valor de oxigênio dissolvido baixou até 70% de saturação (Martinez-Palacios et al., 1996a).

O sistema utilizado pode ser visualizado na Figura 2.

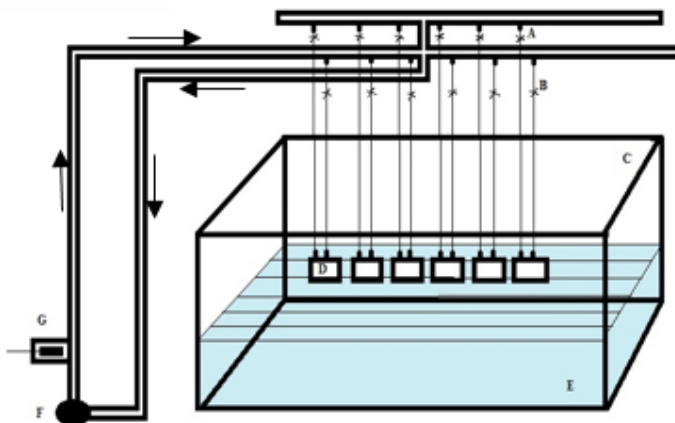


Figura 2: Ilustração esquemática do sistema de respirometria fechado (momento de leitura), no qual as setas indicam o fluxo da água. (A) Registros de saída da água, (B) Registros de entrada da água, (C) Caixa, (D) Respiômetros, (E) Água para manutenção da temperatura, (F) Bomba e (G) Oxímetro.

2.6. Avaliação da taxa de consumo de oxigênio

O consumo total de oxigênio por animal foi obtido de acordo com a seguinte equação:

$$VO_2 = \frac{(\text{Consumo de } O_2 \text{ animal}) * \text{volume total} - (\text{Consumo de } O_2 \text{ controle} * \text{volume total})}{1000 * \text{Tempo de leitura}}$$

Onde:

VO_2 = Consumo de oxigênio animal (mg h^{-1})

Consumo de O_2 = Valor final – Valor inicial de leitura no oxímetro (mg L^{-1}).

Volume total = (Volume do respiômetro + volume do sistema de leitura) - volume animal (mL).

Tempo de leitura = Tempo de leitura dos valores de oxigênio para cada unidade (h).

Antes e após o término de cada leitura, os animais foram medidos por um paquímetro, pesados em balança de precisão e seu volume obtido através de provetas de 50 ou 100 mL. Adicionalmente, os animais foram

sacrificados e colocados em estufa de 105°C durante 24h para a mensuração do seu peso seco.

2.7 Análises estatísticas

Os dados de consumo de oxigênio de cada tratamento foram submetidos a ANOVA fatorial ($P < 0,05$) e o teste Tukey de separação de médias ($P < 0,05$), quando necessário. As análises foram realizadas através do programa STATISTIC 7.0.

Também foram realizadas análises de regressão do consumo de oxigênio nas condições experimentais combinadas (animais alimentados e em jejum), para inferir o consumo total individual. A partir disto, foram obtidas equações capazes de prever o consumo de oxigênio em função da temperatura, o tamanho e a presença ou ausência de alimento.

3. Resultados e Discussão

Perda de oxigênio nos respirômetros em ausência de animais (Controle)

Nos três tamanhos de frascos foram feitos ensaios para verificar as perdas de oxigênio do sistema em ausência de animais. Nos respirômetros pequenos a perda foi de $0,10 \pm 0,06$ mg/L, nos médios $0,35 \pm 0,04$ mg/L e nos grandes $0,43 \pm 0,03$ mg/L durante o tempo que iriam durar os testes.

Pré-teste dos respirômetros em presença de animais

Após a realização de todos os testes necessários, constatou-se que, assim como relatado por Bett (2007), o tempo de 1 hora para adaptação dos animais ao respirometro era suficiente para dar início às leituras (Tabela 1). Entretanto, visando uma maior segurança, obedeceu-se o critério utilizado por Spanopoulos-Hernández et al. (2005) para *Litopenaeus stylirostris*. Isso se deve ao tempo necessário para que o animal se mantenha calmo dentro do respirômetro, onde pode ser corroborado mediante a utilização de 2 h para *Fenneropenaeus chinensis* (Tian et al., 2004) e *Litopenaeus vannamei* (Comoglio et al., 2004).

Para a realização do mesmo, a temperatura do tanque de origem (28°C) e de salinidade 33‰.

Tabela 1: Média de consumo de oxigênio dissolvido por animal nos diferentes tempos de permanência nos respirômetros.

Hora	Consumo O ₂ (mg/L/h)				
	0	1	2	3	4
Grupo P					
Média	0,78 ^a	0,62 ^a	0,47 ^a	0,60 ^a	0,60 ^a
Desvio Padrão	±0,13	±0,14	±0,07	±0,07	±0,07
Grupo M					
Média	1,32 ^a	1,02 ^b	1,01 ^b	1,04 ^b	0,99 ^b
Desvio Padrão	±0,09	±0,08	±0,07	±0,05	±0,09
Grupo G					
Média	1,86 ^a	1,25 ^b	1,21 ^b	1,22 ^b	1,25 ^b
Desvio Padrão	±0,21	±0,03	±0,04	±0,04	±0,04

Letras diferentes indicam diferenças significativas (P<0,05).

Qualidade de água

A temperatura afeta diretamente a taxa de todos os processos biológicos, físicos e químicos, atuando diretamente nos efeitos do teor de oxigênio do meio. Nas zonas tropicais, a faixa térmica de tolerância dos camarões varia de 25° a 35°C (Parker e Davis, 1981). Entretanto, mesmo o camarão branco possuindo a facilidade de se adaptar a diversas temperaturas, optamos por manter a temperatura dos tanques de origem (28,9°C).

Com relação a salinidade, embora os juvenis de *L. vannamei* possam ser cultivados com sucesso em diversas salinidades, que vão de 5 a 35 ‰ (Ponce-Palafox et al., 1997), o intervalo considerado ideal para o seu cultivo é de 15 a 25 ‰ (Boyd, 1989). É relevante salientar que a salinidade do tanque de povoamento inicial foi mantida em cerca de 32 ‰ para propiciar uma semelhança a sua condição inicial. Todavia, para o experimento foi feita uma aclimação para 25 ‰.

O pH teve uma média de $7,95 \pm 0,24$ e apresenta-se, portanto, dentro do limite ideal para o cultivo, no qual varia de 6,5 a 9,0 como faixa considerada apropriada (Boyd, 1990).

A turbidez apresentou valor médio de $2,0 \pm 0,61$ o que é considerado dentro do limite adequado para água clara com renovação diária (CONAMA, 2005).

De acordo com Murgas et al. (2009), águas com alcalinidade inferior a 30 mg L⁻¹ possui pouco poder tampão, podendo apresentar significativas flutuações diárias nos valores de pH. Os valores encontrados neste experimento foram em média 126,8 mg L⁻¹, também considerados adequados.

A amônia é um dos parâmetros de qualidade da água mais importantes para a manutenção dos organismos aquáticos, podendo causar diversos efeitos sobre as células e processos como excreção, osmorregulação, respiração, integridade dos tecidos, crescimento e susceptibilidade a doenças. A toxidez da amônia total se manifesta quando a concentração atinge $0,6 \text{ mg L}^{-1}$ (Sipaúba-Tavares, 1995), o que não foi observado durante o experimento, cujos valores se mantiveram em $0,42 \text{ mg L}^{-1}$.

Para Macedo (2007), quando o nitrito apresenta valores acima de $0,15 \text{ mg L}^{-1}$ acaba por se tornar prejudicial aos organismos aquáticos em geral. Portanto, o valor obtido no experimento encontra-se dentro do desejado, uma vez que atingiu uma média de $0,10 \text{ mg L}^{-1}$.

Foi registrado cerca de $0,92 \text{ mg L}^{-1}$ de nitrato no presente experimento. Sabe-se que este composto é tolerado pelos camarões até a concentração de 5 mg L^{-1} (Sipaúba-Tavares, 1995) e, embora não seja um composto tóxico relevante para a aquicultura, quando encontrado em altas concentrações afeta negativamente o metabolismo dos animais cultivados (Vinatea, 2004).

É sabido que o oxigênio dissolvido é o fator fundamental para a sobrevivência e crescimento dos organismos aquáticos de cultivo. Baixas concentrações podem resultar em déficits energéticos dos organismos, afetando alimentação e reprodução, além dos quesitos já citados (Martínez-Palacios e Ross, 1994). Para Boyd (1990), valores de OD acima de 4 mg L^{-1} são adequados para o cultivo, logo, a manutenção em $5,5 \text{ mg L}^{-1}$ do experimento foram adequadas.

Na Tabela 2 encontram-se os valores de qualidade da água registrados no tanque de estocagem dos camarões.

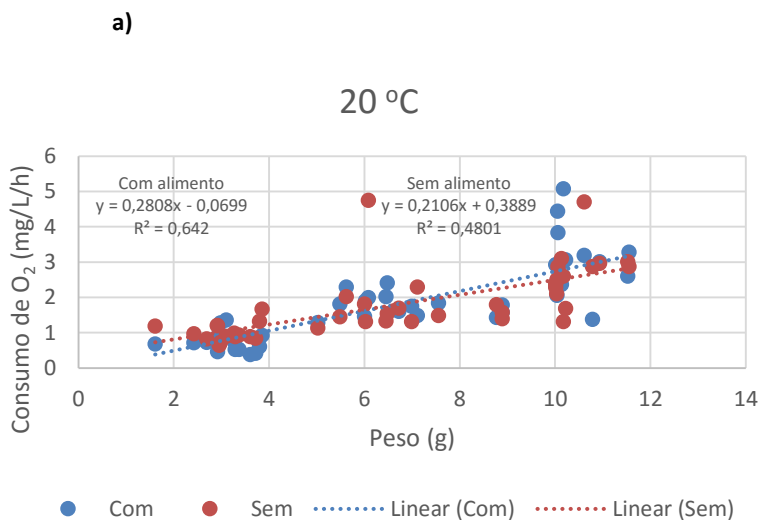
Tabela 2: Variáveis de qualidade da água no tanque de estocagem de *L. vannamei*.

Parâmetros	Média e Desvio Padrão
Temperatura (°C)	$28,90 \pm 0,29$
Salinidade (g L^{-1})	$32,14 \pm 0,89$
pH	$7,95 \pm 0,24$
Turbidez (NTU)	$2,00 \pm 0,61$
Oxigênio dissolvido (mg L^{-1})	$5,50 \pm 0,19$
Alcalinidade (mg L^{-1})	$126,28 \pm 12,82$
Amônia total N (mg L^{-1})	$0,42 \pm 0,19$
Nitrito ($\text{mg N-NO}_2^- \text{ L}^{-1}$)	$0,01 \pm 0,03$
Nitrato ($\text{mg N-NO}_3^- \text{ L}^{-1}$)	$0,92 \pm 0,26$

Efeito da temperatura, peso e alimentação sobre a taxa de consumo de oxigênio

A taxa de consumo de oxigênio através da respirometria tem sido uma medida indireta da taxa metabólica, especialmente em animais aquáticos (Keys, 1930; Clausen, 1936; Fry, 1947, 1971). Vários trabalhos têm evidenciado o efeito proporcional da temperatura com o consumo de oxigênio: *L. vannamei* (Villarreal et al., 1994; Martinez-Palacios et al., 1996), *L. stylirostris* (Spanopoulos-Hernández et al., 2005), *F. chinensis* (Tian et al., 2004). Alguns também relatam os efeitos da interação da temperatura e salinidade: *L. vannamei* (Bett e Vinatea, 2009; Valenzuela-Quinónez et al., 2011), *Penaeus californiensis* (Villarreal e Rivera, 1993), *Penaeus setiferus* (Rosas et al., 1999), *Farfantepenaeus paulensis* (Lemos et al., 2001). Entretanto, foi constatado que todos estes trabalhos usaram animais em jejum e nenhum deles recebendo alimento durante os testes.

Na Figura 3 encontram-se os resultados da análise de regressão usada para relacionar o consumo de oxigênio (mg/L/h) em função do peso dos animais e de acordo com o regime de alimentação para as temperaturas testadas. Por meio das equações resultantes seria possível prever o consumo de oxigênio dos camarões tanto alimentados como em jejum.



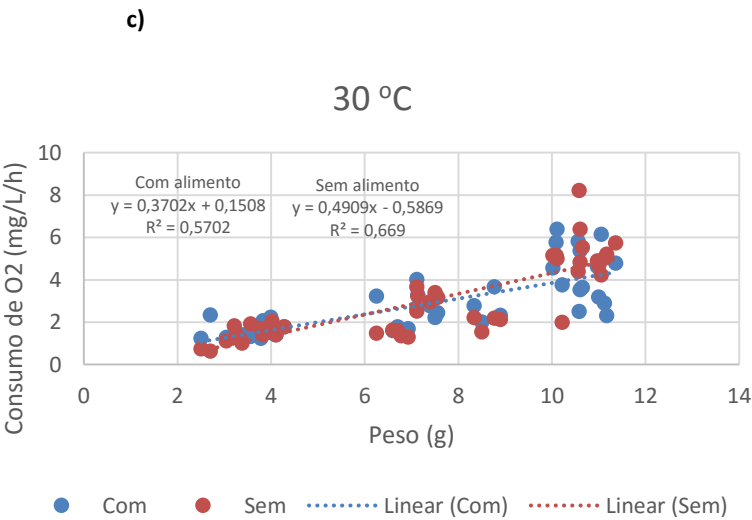
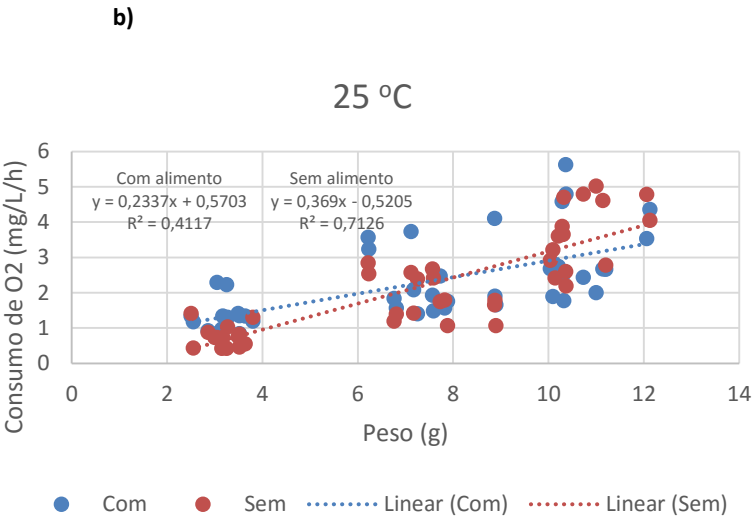


Figura 3 (a, b e c): Regressões obtidas para o consumo de oxigênio por animal em cada combinação de temperatura e regime alimentar.

Este trabalho mostrou que as taxas respiratórias do *L. vannamei* estão diretamente relacionadas ao peso corporal. Podemos observar que quando os animais são alimentados há menos dispersão, isto para 20°C; contudo, para 25 e 30°C ocorre o inverso. Esses dados são corroborados por Martinez-Palacios et al. (1996b), quem encontrou que em temperaturas de 25 e 30°C as linhas de resposta são aproximadamente paralelas. No entanto, os dados de 20°C não demonstram a mesma tendência. Isto pode dever-se ao fato de temperaturas abaixo de 25°C estarem na direção da extremidade inferior do intervalo natural dos animais.

A ANOVA fatorial praticada mostrou que os fatores peso e temperatura possuem significância ($P < 0,05$) com respeito ao consumo do oxigênio. Além disso, o teste indicou que há interações significativas entre os fatores tamanho e temperatura, e tamanho e alimentação (Tabela 3).

Tabela 3: ANOVA fatorial para resposta de consumo de oxigênio nos diferentes fatores.

Fonte	P-Valor
Peso	0,01**
Temperatura	0,01**
Alimento	0,93
Peso*Temperatura	0,01**
Peso *Alimento	0,01**
Temperatura*Alimento	0,55
Peso *Temperatura*Alimento	0,77

* Diferença significativa ($P < 0,05$).

Além de causar alterações e efeitos fisiológicos em organismos aquáticos, a temperatura, atua diretamente sobre os demais fatores ambientais, uma vez que seu aumento causa a diminuição da disponibilidade de OD (Boyd, 1990). Ela age nos mecanismos de transporte de íons requeridos na osmorregulação, onde as temperaturas mais elevadas viabilizam uma melhor capacidade osmorregulatória do que temperaturas baixas, sendo que espécies eurialinas resistem melhor ao estresse hiposmótico em altas temperaturas (Gilles e Pequeux, 1983).

Por meio do teste de Tukey, notamos que a diferença de média de consumo de oxigênio entre animais de tamanho médio e grande a uma temperatura de 30°C é maior quando comparada com a diferença de média de consumo de oxigênio entre animais de tamanho médio e grande com as demais temperaturas. Isso confirma a significância da interação tamanho e temperatura (Tabela 4).

Tabela 4: Teste de Tukey ($P < 0,05$) para o consumo de oxigênio nos diferentes tratamentos.

Consumo de O ₂			
Temperatura	Peso	Sem alimento	Com alimento
20	P	0,73±0,29 ^{aA}	1,00±0,26 ^{aA}
	M	1,77±0,31 ^{bA}	1,79±0,87 ^{bA}
	G	2,99±0,93 ^{cA}	2,64±0,75 ^{cA}
25	P	0,75±0,30 ^{aA}	1,29±0,44 ^{aA}
	M	1,90±0,61 ^{bA}	2,28±0,91 ^{bA}
	G	3,68±0,95 ^{cA}	3,13±1,17 ^{cA}
30	P	1,46±0,44 ^{aA}	1,55±0,37 ^{aA}
	M	2,30±0,81 ^{bA}	2,54±0,75 ^{bA}
	G	5,09±1,28 ^{cA}	4,36±1,34 ^{cA}

Letras minúsculas diferentes na mesma coluna expressam diferença significativa ($P < 0,05$).

Letras maiúsculas iguais na mesma linha expressam ausência de diferença significativa ($P > 0,05$).

Vimos, portanto, que a temperatura determina a velocidade das reações metabólicas dos organismos, o que repercute por sua vez nos processos biológicos considerados críticos, como por exemplo, o elevado consumo de oxigênio em altas temperaturas e a baixa ingestão de alimentos em temperaturas menores (Spees et al., 2002).

Neste experimento, podemos observar que a temperatura é um fator determinante para o consumo de oxigênio, logo deve ser levado em consideração na hora do cultivo, permitindo assim a manutenção mais adequada para cada tamanho de animal. Observamos também que os dados de consumo de oxigênio realizados em animais mantidos em jejum são perfeitamente válidos para serem aplicados no cálculo do número de aeradores nas unidades de cultivo.

4. Conclusão

Com o presente estudo pode-se concluir que a temperatura e o peso corporal são fatores que afetam diretamente o consumo de oxigênio do *L. vannamei*, entretanto, a presença ou ausência de alimento parece não afetar este consumo. Portanto, foi possível prever que a temperatura que se adequa melhor as necessidades de cultivo fornecendo uma melhor relação com a aeração mediante o consumo de oxigênio, pôde ser justificado a 25 °C (r^2 0,7126).

5. Agradecimentos

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), pela concessão da bolsa de estudos ao primeiro autor e apoio financeiro ao projeto.

6. Referências bibliográficas

American Public Health Association (APHA), 2005. Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, 21^o ed. American Public Health Association, Washington.

Bett, C. Efeito da temperatura, salinidade e peso sobre a taxa de consumo de oxigênio em juvenis de *Litopenaeus vannamei* (BOONE, 1931)., 2007. 43 f. Dissertação (Mestrado em Aquicultura) – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis. 2007.

Bett, C.; Vinatea, L., 2009. Combined effect of body weight, temperature and salinity on shrimp *Litopenaeus vannamei* oxygen consumption rate. Brazil Journal of Oceanography, v. 57, n.4, p. 305-314.

Boyd, C. E., 1989. Water quality management and aeration in shrimp farming. Alabama Fisheries and Allied Aquacultures Departmental. Agricultural Experiment Station. Auburn University, Alabama, USA. 2nd ed.

Boyd, C., 1990. Water quality in ponds for aquaculture. Alabama: Auburn University, Alabama. Birmingham Publishing Co. p. 482.

Clausen, R.G., 1936. Oxygen consumption in freshwater fishes. Ecology, v. 17, p. 216-226.

Comoglio, L. I.; Gaxiola, G.; Roque, A.; Cuzon, G.; Amin, O., 2004. The effect of starvation on refeeding, digestive enzyme activity, oxygen consumption, and ammonia excretion in juvenile white shrimp *Litopenaeus vannamei*. Journal of Shellfish Research, v.23, n. 1, p. 243-249.

CONAMA n^o 357 de 17 de março de 2005. Brasília: D.O.U., 2005. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/port/conama/res/res05/res35705.pdf>>. Acesso em 10 de jan de 2017.

Fallu, R., 1991. Abalone Farming. Fishing News Books, Osney Mead, Oxford, UK, p. 202.

FAO (Food and Agriculture Organization of the United Nations). O comércio global de pescado atinge níveis recordes. 2016. Disponível em: <http://www.fao.org/news/story/pt/item/214518/icode/>. Acesso em 15 de set de 2016.

Fast, A.W.; Boyd, C.E., 1992. Water circulation, aeration and other management practices. In: FAST, A. W. e LESTER, L. J. (Eds.) Marine Shrimp Culture: Principles and Practices. Elsevier Science Publishers, Amsterdam. p. 457-495.

Fry, F.E.J., 1947. Effects of the environment on animal activity. University of Toronto Studies, Biology Series, v.55, p. 1-62.

Fry, F. E. J., 1971. The effect of environmental factors on the physiology of fish. Fish Physiology. New York: Academic Press, v. 6, p. 1-98.

Gilles, R.; Pequeux, A., 1983. Interactions of chemical and osmotic regulation with the environment. New York. Academic Press, v. 8, p. 109-177.

Keys, A.B., 1930. The measurement of the respiratory exchange of aquatic animals. Biological Bulletin, v. 59, p. 187-198.

La Touche, B.; Moylan. K.; Twomey, W., 1993. Abalone On-growing Manual. Aquacult. Expl., v. 14, p. 39.

Lemos, D.; Phan, V.N.; Alvarez, G., 2001. Growth, oxygen consumption, ammonia-N excretion, biochemical composition and energy content of *Farfantepenaeus paulensis* Pérez-Farfante (Crustacea, Decapoda, Penaeidae) early post larvae in different salinities. J. Exp. Mar. Biol. Ecol, v. 261, p. 55-74.

Macedo, J. A. B. Águas & águas. 3. ed. Belo Horizonte: CRQ-MG, 2007.

Mai, K. S., Mercer, J. P.; Donlon, J., 1994. Comparative studies on the nutrition of two species of abalone, *Haliotis tuberculata* L. and *Haliotis discus p hannai* Ino. II: Amino acid composition of abalone and six species of macroalgae with an assessment of their nutritional value. Aquaculture, v. 128, p. 115-130.

McGraw, W.J.; Davis, D.A.; TEICHERTCODDINGTON, D.; ROUSE, D. B., 2002. Acclimation of *Litopenaeus vannamei* postlarvae to low salinity: Influence of age, salinity endpoint and rate of salinity reduction. J. Wild Aquacult. Soc., v. 33, n. 1, p. 78-84.

Martínez-Palacios, C.A., Ross, L.G., 1994. Biología y Cultivo de la mojarra Latino-Americana *Cichlasoma urophthalmus* CONACYT, Mexico, p. 250.

Murgas, L. D. S.; Drumond, M. M.; Pereira, G. J. M.; Felizardo, V. de O., 2009. Manipulação do ciclo e da eficiência reprodutiva em espécies nativas de peixes de água doce. Rev. Bras. Reprod. Anim., Suplemento, Belo Horizonte, n. 6, p. 70-76.

Nunes, A.J.P., 2002. Aeração Mecânica na Engorda de Camarões Marinhos. Panorama da Aquicultura, v. 12, n. 70, p. 25-37.

O'Brien, C. J., 1994. The effects of temperature and salinity on growth and survival of juveniles Tiger prawns *Penaeus esculentus* (Haswell). Journal of Experimental Marine Biology and Ecology, v. 183, p. 133-145.

Ostrensky, A.; Borghetti, J.R.; Pedine, M., 2000. Situação atual da aqüicultura brasileira e mundial. Aqüicultura no Brasil, bases para um desenvolvimento sustentável. CNPq/Ministério da Ciência e da Tecnologia. Brasília, p. 399.

Parker, N.; Davis, K., 1981. Requirements of warm water fish. Bethesda, Maryland, USA: Fish Culture Section of the American Fisheries Society, p. 21-28.

Ponce-Palafox, J.; Martinez-Palacios, C. A.; Ross, L. G., 1997. The effects of salinity and temperature on the growth and survival rates of juvenile white shrimp *Penaeus vannamei* (Boone) 1931. Aquaculture, v. 157, p.107-115.

Rosas, C.; Martinez, E.; Gaxiola, G.; Brito, R.; Sánchez, A.; Soto, L.A., 1999. The effect of dissolved oxygen and salinity on oxygen consumption, ammonia excretion and osmotic pressure of *Penaeus setiferus* (Linnaeus) juveniles. J. Exp. Mar. Biol. Ecol., v.234, p. 41-57.

Spanopoulos-Hernández, M.; Martínez-Palacios, C.A.; Vanegas-Pérez, R.C.; Rosas-Vazquez, C.; Ross, L.G., 2005. The combined effects of salinity and temperature on the oxygen consumption of juvenile shrimps *Litopenaeus stylirostris*. Aquaculture, v. 244, n. 2, p. 341-348.

Sipaúba-Tavares, L.H., 1995. Limnologia aplicada à aquicultura. Jaboticabal: FUNEP.

Spees, J.L.; Chang, S.A; Snyder, M.J.; Chang, E.S., 2002. Thermal acclimation and stress in the American lobster, *Homarus americanus*: equivalent temperature shifts elicit unique gene expression patterns for molecular chaperones and polyubiquitin, Cell stress Chaperones, v.7, n. 1, p. 97-106.

Staples, D.J., Heales, D.S., 1991. Temperature and salinity optima for growth and survival of juvenile banana prawns *Penaeus merguensis*. Journal of Experimental Marine Biology and Ecology, v. 154, p. 251-274.

Stiller, K. T., Moran, D., Vanselow, K. H., Marxen, K., Wuertz, S., Schulz, C., 2013. A novel respirometer for online detection of metabolites in aquaculture research: Evaluation and first applications. Aquacultural Engineering, v. 55, p. 23-31.

Strickland, J.D., Parson, T.R., 1972. Practical Handbook of Seawater Analysis, 1º ed. Fish Research Board of Canada, Ottawa.

Tian, X.; Dong, S.; Wang, F.; Wu, L., 2004. The effects of temperature changes on the oxygen consumption of juvenile Chinese shrimp *Fenneropenaeus chinensis* Osbeck. J. Exp. Mar. Biol. Ecol., v. 310, p. 59-72.

Valenzuela-Quiñónez, W.; Rodríguez-Quiroz, G.; Ponce-Palafox, J.T.; Esparza-Leal, H.M., 2011. Efecto de diferentes combinaciones de temperatura y salinidad sobre el consumo específico de oxígeno en el camarón blanco *Litopenaeus vannamei*. Revista de Biología Marina y Oceanografía, v. 46, n. 3, p. 303-311.

Villarreal, H.; Rivera, J.A., 1993. Effect of temperature and salinity on the oxygen consumption of laboratory produced *Penaeus californiensis* postlarvae. Camp. Biochem P., v. 106a. n. 1, p. 103-107.

Vinatea, L. A., 1997. Princípios químicos da qualidade da água em Aquicultura. Florianópolis: Ed. UFSC, p.166.

Vinatea, L., 2004. Fundamentos de Aquicultura. Florianópolis, Universidade Federal de Santa Catarina, p. 349.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS DA INTRODUÇÃO GERAL

ARZOLA-GONZÁLEZ, J.F.; FLORES-CAMPAÑA, L.M.; IZABAL-CEJA, C.A.; GUTIÉRREZ-RUBIO, Y. Crecimiento de camarón blanco *Litopenaeus vannamei* en un estanque rústico a baja salinidad. Revista Aquatic, v. 28, n. 1, p. 8-15, 2008.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE CRIADORES DE CAMARÃO (ABCC). 2016. Disponível em: <<http://abccam.com.br/site/wp-content/uploads/2017/02/Revista-ABCC-Edi%C3%A7%C3%A3o-Novembro-2016-FENACAM-2016.pdf>>. Acesso em 15 de dez de 2016.

BETT, C.; VINATEA, L.A. Combined effect of body weight temperature and salinity on shrimp *Litopenaeus vannamei* oxygen consumption rate. Brazilian Journal of Oceanography, v. 57, n. 4, p. 305-314, 2009.

BOYD, C.E.; TUCKER, C.S. Pond aquaculture water quality management. Massachusetts. Kluwer Academic Publishers, p. 700, 1998.

BRETT, J. Environmental factors affecting growth. Fish Physiology. Academic Press, v. 8, p. 252-259, 1987.

CECH JR, J.J.; BRAUNER, C.J. Techniques in Whole Animal Respiratory Physiology, p. 846-853, 2011.

DÍAZ-HERRERA, F.; RE-ARAUJO, A.D.; SIERRA-URIBE, E.; DÍAZ-IGLESIAS, E. Effects of temperature and salinity fluctuation on the oxygen consumption, ammonium excretion and osmoregulation of the blue shrimp *Litopenaeus stylirostris*. Journal Shellfish Research, v. 23, n. 3, p. 903-910, 2004.

EGE, R., KROGH, A. On the relation between the temperature and the respiratory exchange in fishes. Int. Rev. Hydrobiol. Hydrograph, v. 7, 48-55, 1914.

FAO – Fisheries Department. Word Fisheries and Aquaculture Atlas. CD-ROM. Rome, FAO. 2nd ed, 2003.

HERNÁNDEZ-RODRÍGUEZ, M.; DÍAZ-HERRERA, F. Interacción de la temperatura y la salinidad sobre la excreción de amonio y

osmorregulación en *Farfantepenaeus aztecus* (Crustacea: Penaeidae). Caribbean Journal of Science, v. 31, p. 284-288, 1995.

HUMBOLDT AND PROVENCAL. Recherches sur la respiration des poissons. Mem. Phys. Chim., Soc. d'Arcueil, v. 2, p. 559, 1809.

LI, E.; CHEN, L.; ZENG, C.; CHEN, X.; YU, N.; LAI, Q.; QIN, J.G. Growth, body composition, respiration and ambient ammonia nitrogen tolerance of the juvenile white shrimp, *Litopenaeus vannamei*, at different salinities. Aquaculture, v. 265, n. 4, p. 385-390, 2007.

MANTEL, L.H., FARMER, L.L. Osmotic and ionic regulation. Internal Anatomy and Physiological Regulation. Academic Press, New York, USA, v. 5, p. 54-162, 1983.

Ministério da Pesca e Aquicultura (MPA) / Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE). 2013. Disponível em: <http://biblioteca.ibge.gov.br/visualizacao/periodicos/84/ppm_2014_v4_2_br.pdf>. Acesso em 01 de nov de 2016.

MARTINEZ-PALACIOS C.A., ROSS, L.G., SANCHEZ LICEA, V.H. The tolerance to salinity, respiratory characteristics and potential for aquaculture of the Central American cichlid, *Cichlasoma synspilum* (Hubbs, 1935). Aquaculture Research, v. 27, p. 215-220, 1996a.

MARTINEZ-PALACIOS C.A., ROSS L., VALENZUELA L. I. The effects of temperature and body weight on the oxygen consumption of *Penaeus vannamei*, Boone, 1931. Journal of Aquaculture in the Tropics, v. 11, n. 1, p. 59-65, 1996b.

McGRAW, J.W., DAVIS, D.A., TEICHERT-CODDINGTON, D., ROUSE, D.B. Acclimation of *Litopenaeus vannamei* postlarvae to low salinity: influence of age, salinity endpoint, and rate of salinity reduction. J. World Aquac. Soc., v. 33, p. 78-84, 2002.

MIRANDA, I.; VALLES, J.L.; SÁNCHEZ, R.; ÁLVAREZ, Z. Cultivo del camarón marino *Litopenaeus vannamei* en agua dulce. Revista Científica de la Facultad de Ciencias Veterinarias de la Universidad de Zulia, v. 20, n. 4, p. 339-346, 2010.

PILLAI, B.R., DIWAN, A.D. Effects of acute salinity stress on oxygen consumption and ammonia excretion rates of the marine shrimp *Metapenaeus monoceros*. Journal of Crustacean Biology, v. 22, p. 45-52, 2002.

PIÑA-VALDEZ, P.; ARZOLA-GONZALEZ, J. F.; NIEVES-SOTO, M.; MEDINA-JASSO, M. A. Efecto combinado de temperatura y salinidad en el consumo de oxígeno en post-larvas de camarón blanco *Litopenaeus vannamei*. Bol. Inst. Pesca, v. 41, n. 1, p.89-101, 2015.

PROSSER, C., BROWN, L. Fisiología comparada. Interamericana, S.A. México, p. 728, 1968.

RAMOS-DÍAZ, R., ANDREATTA, E. Requerimientos de proteína y energía bruta en juveniles de camarón rosado *Farfantepenaeus paulensis* sometidos a diferentes salinidades. Latin American Journal Aquatic Research, v. 39, n. 3, p. 427-438. 2011.

RE, A.D., DIAZ, F., SIERRA, E., GOMEZ-JIMENEZ, S. Oxygen consumption, ammonium excretion and osmoregulatory capacity of *Litopenaeus stylirostris* (Stimpson) exposed to different combinations of temperature and salinity. Ciencias Marinas, v. 30, p. 443-453, 2004.

RE-ARAUJO, A.D.; DÍAZ-HERRERA, F.; VALDEZ-SÁNCHEZ, G. Effect of salinity on the thermoregulatory behavior of juvenile blue shrimp *Litopenaeus stylirostris*. Journal of Thermal Biology, v. 31, p. 506-513, 2006.

ROSAS, C., MARTÍNEZ, E., AGUILAR, M., SÁNCHEZ, A., GAXIOLA, G., DÍAZ SOTO, E.L.A. Concentración mínima de oxígeno para obtener el máximo crecimiento en post-larvas y juveniles del camarón blanco *Penaeus setiferus*: un enfoque bioenergético. IV Simposio Centroamericano de Acuicultura. 1996.

ROSAS, C., LOPEZ, N., MERCADO, P., MARTINEZ, E. Effect of salinity acclimation on oxygen consumption of juveniles of the white shrimp *Litopenaeus vannamei*. Journal of Crustacean Biology, v. 21, p. 912-922, 2001.

ROY, L.A., DAVIS, D.A., SAOUD, I.P., HENRY, R.P. Supplementation of potassium, magnesium, and sodium chloride in practical diets for the

Pacific white shrimp, *Litopenaeus vannamei*, reared in low salinity waters. *Aquac. Nutr.*, v. 13, p. 104-113, 2007.

SAMOCHA, T.M., LAWRENCE, A.L., POOSER, D. Growth and survival of juvenile *Penaeus vannamei* in low salinity water in a semi-closed recirculating system. *Isr. J. Aquac.*, v. 50, p. 55-59, 1998.

SAMOCHA, T.M., HAMPER, L., EMBERSON, C.R., DAVIS, D.A., McINTOSH, D., LAWRENCE, A.L., VAN WYK, P. Review of some recent developments in sustainable shrimp farming practices in Texas, Arizona, and Florida. *J. Appl. Aquac.*, v. 12, p. 1-30, 2002.

SCHOLANDER, P. F., HAUGAARD, N., IRVING, L. A volumetric respirometer for aquatic animals. *Rev. Sci. Inst.*, v. 14, p. 48-51, 1943.

SETIARTO, A., STRUSSMANN, C.A., TAKASHIMA, F., WATANABE, S., YOKOTA, M. Short-term responses of adult kuruma shrimp *Marsupenaeus japonicus* (Bate) to environmental salinity: osmotic regulation, oxygen consumption and ammonia excretion. *Aquaculture Research*, v. 35, p. 669-677, 2004.

SPANOPOULUS-HERNÁNDEZ, M.; MARTÍNEZ-PALACIOS, C.A.; VANEGAS-PÉREZ, R.C.; ROSAS-VAZQUEZ, C.; ROSS, L.G. The combined effects of salinity and temperature on the oxygen consumption of juvenile shrimps *Litopenaeus stylirostris*. *Aquaculture*, v. 244, n.2, p. 341-348, 2005.

STILLER, K. T., MORAN, D., VANSELOW, K. H., MARXEN, K., WUERTZ, S., SCHULZ, C. A novel respirometer for online detection of metabolites in aquaculture research: Evaluation and first applications. *Aquacultural Engineering*, v. 55, p. 23-31, 2013.

VALENZUELA-QUIÑÓNEZ, W.; RODRÍGUEZ-QUIROZ, G.; PONCE-PALAFIX, P.J.; ESPARZA-LEAL, H. Efecto de diferentes combinaciones de temperatura y salinidad sobre el consumo específico de oxígeno en el camarón blanco *Litopenaeus vannamei*. *Revista de Biología Marina y Oceanografía*, v. 46, n. 3, p. 303-311, 2011.

VERNBERG, F.J.; e VERNBERG, W. B. (Eds). *The Biology of Crustacea – Environmental Adaptations*. New York. Academic Press, v. 8, p. 1-42, 1983.

VILLARREAL, H., HINOJOSA, P., NARANJO, J. Effect of temperature and salinity on the oxygen consumption of laboratory produced *Penaeus vannamei* post-larvae. Comparative Biochemistry and Physiology, v. 108a, 331-336, 1994.

VINATEA, L. Fundamentos de Aquicultura. Florianópolis, Universidade Federal de Santa Catarina, p. 349, 2004.

VINATEA, L., MUEDAS, W., ARANTES, R. The impact of oxygen consumption by the shrimp *Litopenaeus vannamei* according to body weight, temperature, salinity and stocking density on pond aeration: a simulation. Acta Scientiarum. Biological Sciences Maringá, v. 33, n. 2, p. 125-132, 2011.

WALKER, S. J., NEILL, W. H., LAWRENCE, A. L., GATLIN, D. M.. Effect of salinity and body weight on ecophysiological performance of the Pacific white shrimp (*Litopenaeus vannamei*). Journal of Experimental Marine Biology and Ecology, v. 380, p. 119-124, 2009.

ANEXOS



Anexo 1: Respirômetros (490, 250 e 70 mL) construídos pelo autor.



Anexo 2: Tanque de 10.000 L onde os espécimes foram mantidos para povoamento.



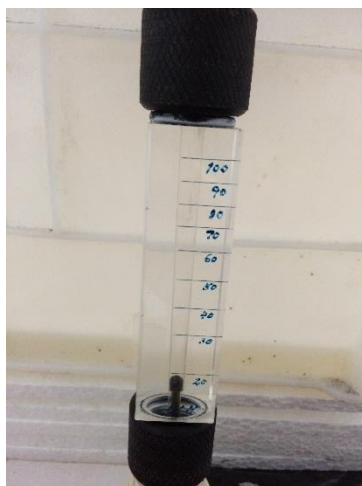
Anexo 3: Aquários de 60 L onde os animais foram aclimatados 24 horas antes do experimento.



Anexos 4 e 5: Respirômetros de tamanho pequeno com animal alimentado na esquerda e em jejum na direita.



Anexos 6 e 7: Oxímetro óptico e bomba, respectivamente.



Anexos 8 e 9: Bomba aquática e medidor de vazão.



Anexo 10: Sistema de respirometria.



Anexo 11: Respirômetros (G) prontos para iniciar as leituras.



Anexo 12: Para iniciar as leituras, os registros da parte inferior devem ser abertos (um por vez, apenas no momento da leitura, os demais permanecem fechados).



Anexo 13: Para iniciar as leituras, os registros da parte superior devem ser fechados (um por vez, apenas no momento da leitura, os demais permanecem abertos).

Anexo 15: Peso úmido, Peso seco e Consumo de Oxigênio por animal em cada combinação de fatores a 25°C.

25°C													
Não alimentados							Alimentados						
P		M		G		Consumo de O ₂ (mg O ₂ /h)	P		M		G	Consumo de O ₂ (mg O ₂ /h)	Consumo de O ₂ (mg O ₂ /h)
Peso Úmido (g)	Peso Seco (g)	Peso Úmido (g)	Peso Seco (g)	Peso Úmido (g)	Peso Seco (g)		Peso Úmido (g)	Peso Seco (g)	Peso Úmido (g)	Peso Seco (g)	Peso Úmido (g)	Peso Seco (g)	
3,27	0,69	1,03	0,22	1,30	0,30	4,70	3,33	0,83	1,30	7,90	10,21	2,72	1,77
3,80	0,92	1,30	0,30	1,206	3,02	4,78	2,45	0,56	1,19	6,48	10,52	2,67	3,53
3,25	0,81	0,42	7,25	10,31	2,71	3,65	3,92	0,94	2,23	8,04	10,77	3,02	2,51
2,30	0,52	1,41	7,59	10,04	2,53	2,92	3,87	0,65	1,34	8,55	11,06	2,60	2,68
3,15	0,63	0,62	8,88	10,09	2,50	3,22	2,61	0,78	0,90	2,29	10,60	2,82	1,89
3,17	0,79	0,73	7,57	10,29	2,53	3,88	3,17	0,97	1,34	6,20	11,47	3,12	4,58
3,52	0,83	0,82	7,12	10,36	2,80	2,60	4,48	1,06	1,35	7,79	10,79	2,92	3,63
3,00	0,76	0,73	6,23	10,37	2,62	2,19	4,22	0,97	0,83	5,49	10,93	2,72	4,79
3,64	0,86	0,55	6,22	12,13	3,13	4,05	4,03	0,99	1,34	6,92	10,42	2,73	4,36
3,49	0,78	0,76	8,87	10,21	2,65	3,61	4,21	0,94	1,41	9,00	10,13	2,61	2,74
3,15	0,70	0,42	7,73	11,14	2,74	4,61	3,74	0,86	0,91	6,44	10,06	2,66	2,67
2,55	0,56	0,43	7,17	11,00	2,89	5,02	3,41	0,83	1,18	5,87	10,04	2,48	2,00
3,05	0,67	0,73	6,76	10,73	2,78	4,79	4,14	0,95	2,29	6,71	10,63	2,68	2,44
2,86	0,67	0,88	7,88	11,20	2,55	2,78	3,70	0,89	0,92	5,14	10,33	2,76	2,66
3,52	0,71	0,46	8,90	10,14	2,52	2,42	3,92	0,97	0,84	9,00	11,68	2,85	2,73
M	3,19	0,72	7,52	10,89	2,72	3,68	3,68	0,88	1,39	7,23	10,64	2,75	3,13
D/F	±0,37	±0,11	±0,50	±0,68	±0,19	±0,55	±0,58	±0,13	±0,44	±1,52	±0,51	±0,49	±1,17

